

不同热环境下高分子蓄冷剂蓄冷时间的实验研究

冯立品 王 明 蔡威盟

(合肥学院化学与材料工程系,合肥 230601)

摘 要 采用化学交联法制备了聚乙烯醇高分子柔性蓄冷剂,利用恒温干燥箱、人工气候室及暖体出汗假人分别考察其在静态和动态两种状态下,在不同温度环境下的蓄冷时间及其相互之间的关系。结果表明:相同质量的蓄冷剂在静态条件下,环境温度越高,相变时间越短,并且每升高 1℃,相变时间减少 5min 左右;在 35℃ 环境下,静态时约 116g 相变材料的相变时间约为 60min,动态时约 240g 该材料的相变时间约为 115min。

关键词 蓄冷剂,暖体出汗假人,动态,静态

Experimental study on cool-storage time of cold storage agent in different thermal environment

Feng Lipin Wang Ming Cai Weimeng

(Department of Chemical and Material Engineering, Hefei University, Hefei 230601)

Abstract the temperature drying box, artificial climate chamber and sweating thermal manikin were used to test the temperature storage time and the relationship between them under different static and dynamic conditions. The results showed that the higher the ambient temperature, the shorter the phase transition time, and the lower the phase transition time by about 5 minutes for each increase of 1℃. The phase transformation time of 116g phase change material is about 60min in static state and 240g phase change material is about 115min in dynamic state at 35℃.

Key words cold storage agent, sweating thermal manikin, dynamic, static

相变冷却服是一种应用于高温环境条件下的个体防护设备,它属于被动式降温,其降温原理为:通常将相变材料置于服装内,通过材料相态的变化吸收人体的热量,实现对人体降温,以保持人体正常体温,为人体提供舒适的“衣内微气候”环境,使人体始终处于一种舒适的状态。相比于气体冷却服、液体冷却服,相变冷却服因其系统简单、使用方便、没有电源、无防爆要求、材料相变范围宽、制冷效果好以及污染小等优势具有广泛的应用前景,成为国内外学者研究的热点。但目前大多数学者对相变冷却服的研究主要集中在新型相变材料、封装技术及服装结构等方面的研究,对于相变冷却服在不同热环境及不同测试状态下蓄冷时间的研究较少。目前对于此类研究主要有两种方法。一种比较简单,在恒温烘箱内设定温度,通过万用表记录蓄冷剂表面温度随时间的变化关系(此种方法蓄冷剂静止放置,因此称为静态)。另一种方法为利用人工气候室模拟环境,利用暖体出汗可行走假人穿着冷却服进行测试,

此种方法中的暖体出汗行假人可模拟人体出汗和行走,能更真实、更全面地反应人体、服装和环境地湿热交换过程,称为动态。但这种方法设备比较昂贵。本研究在制备聚乙烯醇水凝胶的基础上,利用人工气候室、暖体出汗假人及烘箱通过模拟不同的热环境,研究了相变冷却服在不同热环境下蓄冷时间及两种测试方法之间的关系,为其在不同环境应用时的质量设计提供实验支持^[1-3]。

1 实验部分

1.1 聚乙烯醇水凝胶的制备

本实验在聚乙烯醇水溶液中,加入降温助剂氯化钠,在-18℃环境下反复冷冻-解冻 3 次,制得聚乙烯醇水凝胶。为了增加水凝胶冷冻后的柔软性,使其应用在降温服中更贴合人体,使人体穿着更加舒服,在制备过程又加入了甘油。最终制备出聚乙烯醇质量分数 7%。氯化钠溶液用量 8g、甘油用量 2mL 的水凝胶,相变潜热高达 234.9J/g,相变温度

基金项目:16-17 年度合肥学院人才基金(16-17RC14);合肥学院 2019 年度科研发展基金重点项目(19ZR02ZDB)

作者简介:冯立品(1978-),女,博士,副研究员,主要研究方向为相变材料合成。

为 -4°C 左右。该水凝胶凝胶结构稳定,失水率低,可进行应用^[4-5]。

1.2 聚乙烯醇水凝胶性能实验

1.2.1 静态条件下蓄冷性能测试

取上述制备好的一定量聚乙烯醇水凝胶,在恒温干燥箱中分别设置 35°C 、 36°C 、 37°C 、 38°C 和 39°C 这5个不同温度,在样品上打一个直径2cm的洞,放入探针,装入降温服口袋中。每隔5min记录一次数据,测定其表面温度在不同环境温度下随时间的变化情况。

1.2.2 动态条件下蓄冷性能测试

动态蓄冷性能的测试利用暖体出汗假人在人工气候室内进行。美国进口的暖体出汗可行走假人(NEWTON),其体型尺寸符合人体生理解剖特点(有20个分区,每个分区可单独控制),见图1。模型为亚洲男性平均身高,体重30kg,服装标准M号,中心温度变化范围 $37\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。NEWTON具有全部关节结构,可以通过肩关节、肘关节、髋关节、膝关节和踝关节摆出各种姿势,更真实地模拟所有身体姿势状态。

设置人工气候室的温度为 35°C ,湿度为60%,把上述蓄冷剂分装在降温服的4个口袋内,口袋的位置分别在左前胸、右前胸、左后背和右后背(在暖体出汗假人上的分区为肩部、胸部、胃部、背部)。因为蓄冷剂的相变温度为 -4°C 左右,为了防止温度过低及保温,在贴身的一面及贴近环境的一面都放置了隔冷板。具体的测试过程为,当暖体出汗假人的核心温度稳定在 37°C 后,给假人穿上带有蓄冷剂的

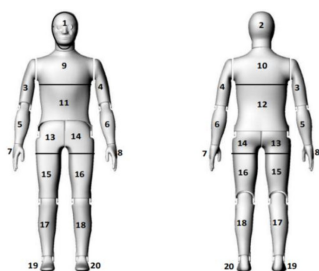


图1 暖体出汗假人分区图



图2 着装后的暖体出汗假人

降温服(如图2所示),因为蓄冷剂的原因,使暖体出汗假人的左前胸、右前胸、左后背和右后背位置温度降低,为了维持 37°C ,这4个分区的加热功率就会变大,直到蓄冷剂放冷完毕,加热功率会慢慢恢复到穿着降温服之前的大小^[6-7]。

2 结果与讨论

2.1 静态情况下在不同环境温度中聚乙烯醇水凝胶降温时间研究

实验之前合成的聚乙烯醇水凝胶在 -15°C 冰箱中蓄冷24h,测量其长、宽、厚分别为84.8mm、70.5mm和27.9mm,质量约为116g。因为在每次测试之前水凝胶都要放到冰箱中冷冻,冷冻后的形状长、宽、厚略有改变。116g聚乙烯醇水凝胶蓄冷剂在不同环境温度下其表面温度随时间的变化关系曲线见图3。由图可见,每条曲线在相变温度附近都有一段近似平滑的直线,这段为相变阶段。相变材料吸收环境热量但是温度不发生变化,其持续时间与相变材料单位质量的相变潜热有关,相变潜热越大,持续时间越长。相变潜热的大小是衡量相变材料好坏的重要指标,因为发生相变时温度保持不变,应用于冷却服中人体处于恒温环境下,人体舒适感比较好。相同质量的同一种相变材料在不同温度环境中发生相变持续时间也不同。由图还可见,随着环境温度升高,发生相变的时间越短, 35°C 时将近60min, 39°C 时为40min。环境温度每升高 1°C ,相变时间大约减少5min。因此,相同相变潜热的情况下,相变材料质量越大,发生相变的时间越长,但是无限度地增加相变材料的质量会提高降温服质量,增加使用者的负担。

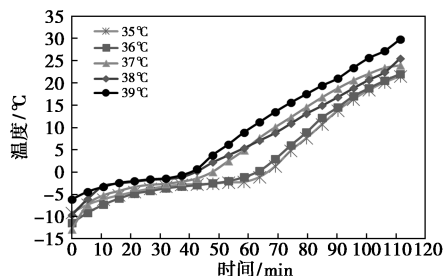


图3 不同环境温度下蓄冷剂表面温度随时间的变化曲线图

2.2 动态情况下聚乙烯醇水凝胶降温时间研究

为了便于比较暖体出汗假人穿着降温服前后加热功率的变化情况,本次实验环境温度 35°C ,聚乙烯醇水凝胶的质量约为240g,暖体出汗假人4个部

位加热功率随时间变化曲线见图 4。由图可见, 65min 左右, 暖体出汗假人核心温度达到 37℃, 处于稳定状态, 此时加热功率约为 20W/m²。穿上降温服后由于蓄冷剂吸收热量发生相变, 为了维持暖体出汗假人核心温度为 37℃, 放置蓄冷剂的 4 个位置, 加热功率突然上升至 100W/m² 左右, 在 180min 左右有一段近似于直线的平稳状态, 此时相变材料发生相变吸收热量但是温度不变为相变潜热, 相变时间约为 115min。在 180~290min, 加热功率降低, 此时相变材料相变结束, 由于相变温度为 -4℃, 此时相变材料吸收热量温度升高, 直到升至 37℃, 然后加热功率又趋于稳定。

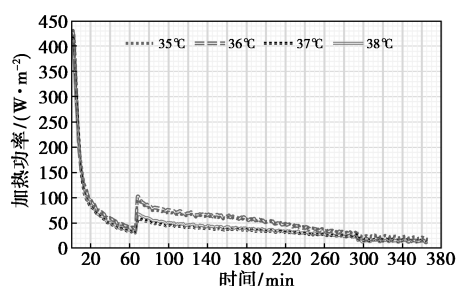


图 4 暖体出汗假人 4 个部位加热功率随时间的变化曲线图

3 结论

通过在静态条件下与动态条件下测试聚乙烯醇水凝胶应用于降温服的降温效果实验研究, 结果

表明:

(1) 本实验采用物理方法制备的聚乙烯醇相变材料作为蓄冷剂性应用于降温服中是可行的, 相同质量的相变材料在静态条件下, 环境温度越高, 相变时间越短, 并且每升高 1℃, 相变时间减少 5min。

(2) 静态条件下约 116g 聚乙烯醇相变材料在 35℃ 下的相变时间约为 60min; 在动态条件下约 240g 聚乙烯醇的相变时间约为 115min。动态条件下, 利用暖体出汗假人穿着降温服在人工气候室内测试是在三维空间中测试, 更接近于实际情况。

参考文献

- [1] 盛伟, 郑海坤. 人体降温服在矿井热环境中的应用综述[J]. 中国安全生产科学技术, 2013, 12(3): 95-101.
- [2] 晏叶. 相变冷防护服系统热量散失及影响因素的研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2017.
- [3] Shvartz E. Efficiency and effectiveness of different water cooled suits-a review[J]. Aerospace Med, 2013, 43: 488-491.
- [4] 但霞辉. 降温服中相变蓄冷材料的研究[D]. 长春: 吉林大学, 2015.
- [5] 陶文博, 谢如鹤. 有机相变蓄冷材料的研究进展[J]. 制冷学报, 2016, 37(1): 52-53.
- [6] Nunneley S A. Water cooled garments: a review[J]. Space Life Science, 2009(2): 335-360.
- [7] 何塞. 基于相变材料的个体冷却服及其降温性能研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2018.

收稿日期: 2019-04-12

修稿日期: 2019-06-11

上海有机所在 arcutine 家族二萜生物碱的合成研究中取得进展

中国科学院上海有机化学研究所生命有机化学国家重点实验室李昂课题组的周述鹏博士和夏开富与金属有机化学国家重点实验室的冷雪冰博士合作, 报道了三个 arcutine 类生物碱的不对称全合成。核心策略是利用 Prins 反应生成的碳正离子引发 1,2-烷基迁移, 从而实现从 hetidine 骨架到 arcutine 骨架的转化。在此策略的指导下, 李昂等结合前期关于 hetidine 类生物碱的合成经验, 首先发展了一条制备 hetidine 家族核心骨架的便捷路线, 关键步骤包括路易斯酸促进的分子间 Diels-Alder 反应和二烯醇负离子参与的分子内 Diels-Alder 反应。

在以克级规模制得五环中间体 1 之后, 他们利用

SnCl₄ 活化该分子中的 MOM 基团, 引发 Prins 环化反应, 进而启动 Wagner-Meerwein 类型的 1,2-烷基迁移, 最终获得具有 arcutine 核心结构的化合物 2。该中间体经过进一步官能化修饰即转化为 arcutinidine、arcutinine 和 arcutine。在前期研究中, 李昂课题组发展了 Prins 环化策略用以构建拥挤环系, 实现了 indotertine、sespenine、hapalindoles、taiwaniadduct D、epoxyeujindole A、aflavazole 等不同类型天然产物的全合成。此项工作既为 Prins 环化策略的合成应用增添了一个生动的实例, 又为 arcutine 类生物碱的生源假说提供了有力的佐证。

(新型)